

## RESPOSTA DE SOJA TRANSGÊNICA AO USO DE GLIFOSATE EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS E SEU RELACIONAMENTO COM O ÁCIDO CHIQUÍMICO\*

### GLIFOSATE-RESISTANT SOYBEAN RESPONSE TO THE USE OF GHYPHOSATE IN TWO CROPS AND THE RELATIONSHIP WITH SHIKIMATE ACID.

FRANCO, D.A.S.<sup>1</sup>; HONMA, L.D.<sup>2</sup>; ALMEIDA, S.D.B.<sup>1</sup>; MOURA, M.A.M.<sup>1</sup>; GAZZIERO, D.L.P.<sup>3</sup>; SOARES, R.M.<sup>3</sup>; CERDEIRA, A.L.<sup>4</sup>; MATALLO, M.B.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Biológico, CEP 13092-543, Campinas, SP; <sup>2</sup>Agrocosmos Agrícola S.A., Engenheiro Coelho, SP; <sup>3</sup>Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina-PR; <sup>4</sup>Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69 CEP 13820-000, Jaguariúna, SP; e-mail: franco@biologico.sp.gov.br

#### Resumo

O controle químico das plantas daninhas na cultura da soja RR com glifosate vem se destacando nos últimos anos no Brasil, necessitando de pesquisas com essa biotecnologia. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficácia do glifosate aplicado de forma isolada e seqüencial na produção e no teor de ácido chiquímico na cultura de soja RR. Os tratamentos foram: glifosate a 720 e 960 g i.a.ha<sup>-1</sup> e chlorimuron-ethyl a 20 g i.a.ha<sup>-1</sup>; glifosate em mistura com chlorimuron-ethyl: 720+2,5 e 960+2,5 g i.a.ha<sup>-1</sup> e glifosate aplicado seqüencialmente: 720/720; 960/720 e 960/720/720 g i.a.ha<sup>-1</sup> com intervalos de 15 dias entre as aplicações, além de testemunhas capinada e não capinada. O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos não causaram fitotoxicidade à cultura, apresentaram eficácia no controle de *Bidens pilosa*, *Euphorbia heterophylla* e *Raphanus raphanistrum*, exceto o chlorimuron-ethyl a 20 g i.a. ha<sup>-1</sup> no controle de *E. heterophylla* e *R. raphanistrum*. *Ipomoea nil* foi eficientemente controlada apenas pelas aplicações seqüenciais de glifosate (720/720; 960/720 e 960/720/720 g i.a.ha<sup>-1</sup>). Não se verificou acúmulo do ácido chiquímico nas plantas de soja tratadas com glifosate. O manejo das espécies de plantas daninhas na cultura de soja RR, com aplicações isoladas ou seqüenciais de glifosate, pode ser uma alternativa de controle químico a ser recomendada aos sojicultores.

**Palavras-chave:** *Glicine max*, herbicidas, *Bidens pilosa*, *Euphorbia heterophylla*, *Raphanus raphanistrum*, *Ipomoea nil*

#### Introdução

O glifosate (N-fosfonometilglicina) é um poderoso herbicida, não seletivo de amplo uso agrícola no controle de plantas daninhas mono e dicotiledôneas. Inibe a biosíntese de aminoácidos aromáticos causando vários distúrbios metabólicos, incluindo a síntese de proteínas, a formação de metabólitos secundários da planta e a desregulação da via do ácido chiquímico, levando a um desequilíbrio metabólico geral da planta.

A soja transgênica resistente ao glifosate (RR) representa uma revolucionária descoberta na tecnologia de controle das plantas daninhas. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja. Na safra 2007/2008, a cultura ocupou uma área de 21,3 milhões de hectares, o que totalizou uma produção de 72,9 milhões de toneladas. A produtividade média da soja brasileira é de 2.816 kg por hectares (Embrapa Soja, 2009). Embora a soja RR seja resistente ao glifosate, existem relatos de que sua aplicação, sob determinadas condições e com algumas formulações, resultou em significativa injúria nas plantas de soja.

De acordo com Lacerda et al. (2007) poucos estudos com a soja RR foram realizados sob as condições edafoclimáticas brasileiras, sendo necessárias mais pesquisas com genótipos de soja indicados para a região do Estado de São Paulo. Assim, o objetivo desse trabalho foi determinar os efeitos de aplicações isoladas e sucessivas de glifosate na produção e no acúmulo de ácido chiquímico em soja RR produzida no campo.

#### Material e Métodos

O experimento foi realizado no campo da Agrocosmos Agrícola S.A., no município de Engenheiro Coelho/SP, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008, alocando as parcelas sempre no mesmo local. O clima da região é classificado como Cwa, caracterizado por um inverno seco. O solo classificado como Barrento, sub-classe Limo argiloso, foi preparado convenientemente sendo que após aração seguiu-se a gradeação cruzada, esta última

realizada na véspera do plantio. A adubação foi realizada de acordo com a análise química do solo: pH 4,8 ( $\text{CaCl}_2$ ); M.O.: 3,9%; P: 130,0  $\text{mg.dm}^{-3}$ ; K: 2,2; Ca: 29,0; Mg: 9,0; H+Al: 47,0; SB: 40,2; CTC: 87,2 ( $\text{mmolc.dm}^{-3}$ ) e V de 46,1%. A cultivar de soja geneticamente modificada utilizada foi a BRS-Valiosa RR, recomendada para o Estado de São Paulo.

As semeaduras foram realizadas nos dias 28/12/06 e 24/10/07, ambas com densidade de 14 a 16 plantas/metro e espaçamento de 0,5 m entre linhas. O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados com quatro repetições, com os tratamentos constituídos por glifosate e chlorimuron-ethyl (produtos comerciais Roundup Ready® e Classic®, respectivamente), aplicados uma única vez e isoladamente: glifosate a 720 e 960 g i.a.ha<sup>-1</sup> e chlorimuron-ethyl a 20 g i.a.ha<sup>-1</sup> + óleo mineral 0,05% (v/v); glifosate em mistura com chlorimuron-ethyl: 720+2,5 e 960+2,5 g i.a.ha<sup>-1</sup> e glifosate aplicado seqüencialmente: 720/720; 960/720 e 960/720/720 g i.a.ha<sup>-1</sup> com intervalos de 15 dias entre as aplicações, além de testemunhas capinada e não capinada (Tabela 1). As parcelas experimentais foram constituídas por seis linhas de 5,0 m de comprimento, com quatro repetições. Considerou-se como área útil as quatro linhas centrais com 4,0 m de comprimento, desprezando-se 0,5 m em cada extremidade da parcela.

As avaliações realizadas foram: (1) eficácia e fitotoxicidade dos herbicidas aos 07, 14, 28 e 42 dias após as aplicações dos herbicidas (DAT); (2) produção de grãos determinada pela colheita da área útil de cada parcela, com umidade corrigida para 13% (base úmida); (3) teor de ácido chiquímico foliar aos 01, 02 e 07 DAT, apenas nos tratamentos com glifosate determinado por meio de cromatografia líquida de alta resolução com o método descrito por Matallo et al. (2007). Os dados de produção de grãos e teores de ácido chiquímico nas folhas de soja foram submetidos à análise de variância e teste F com as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

Os dados da Tabela 1 mostram que os tratamentos não interferiram significativamente no desenvolvimento e produção da soja RR, exceto o tratamento com chlorimuron-ethyl na safra 2007/2008. A redução da produção observada neste tratamento possivelmente está relacionada ao efeito residual do produto, uma vez que as parcelas foram instaladas no mesmo local sucessivamente. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Lacerda et al. (2007) no ano de 2006/2007 em que foi relatado a eficácia dos herbicidas neste sistema de produção agrícola. A produção da segunda safra confirma os resultados preliminares e propõe uma alternativa de manejo químico para o controle de plantas daninhas com o uso de glifosate aplicado de forma isolada ou seqüencialmente. As menores produções obtidas na testemunha suja demonstram a agressividade das plantas daninhas com perdas de produtividade de 65% e 89% em relação à testemunha no limpo, respectivamente para a primeira e segunda safra.

Os tratamentos com glifosate diferiram significativamente no teor de ácido chiquímico foliar aos 01, 02 e 07 DAT (Tab. 2) demonstrando que a cv. Valiosa RR pode responder à aplicação do glifosate. No entanto, os níveis de ácido chiquímico endógenos obtidos no tecido foliar das plantas cultivadas no campo mostram que a soja RR não responde acumulando-o, não sendo afetada pelo uso do herbicida, estando essa variabilidade mais relacionada ao teor endógeno de cada planta. Esta resposta confirma que os níveis de ácido chiquímico na soja RR são baixos em comparação aos obtidos em soja convencional (dados não apresentados), sugerindo diferenças fisiológicas entre elas.

A fitotoxicidade para todos os tratamentos com herbicidas foi nula (nota 1), semelhante às notas para as plantas do tratamento testemunha, evidenciando a seletividade à cultura. A porcentagem de controle de *Bidens pilosa*, *Raphanus raphanistrum* e *Euphorbia heterophylla* foi acima de 80%, exceto para o tratamento com chlorimuron-ethyl no controle de *R. raphanistrum* (66,7%) e *E. heterophylla* (68,3%). O controle de *Ipomoea nil* foi maior que 80% para os tratamentos com aplicações seqüenciais de glifosate, além da testemunha capinada. O controle para essa espécie, inferior a 80% e obtido com os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5 (68, 70, 62 e 53%, respectivamente) evidenciam a necessidade de adotar um manejo com o herbicida glifosate aplicado de forma seqüencial, não havendo diferença estatísticas entre as modalidades com doses de 720/720; 960/720 e 960/720/720 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Tab. 2).

Tabela 1. Valores médios de produção da soja cv. Valiosa RR tratada com glifosate e chlorimuron-ethyl em duas safras agrícolas, Artur Nogueira, SP.

Tratamentos	Doses <sup>2</sup> (g i.a.ha <sup>-1</sup> )	Produção <sup>1</sup> (Kg.ha <sup>-1</sup> )	
		2006/2007	2007/2008
1. Glifosate	720	1796 a	1874 b
2. Glifosate	960	1893 a	2091 b
3. Chlorimuron-ethyl <sup>3</sup>	20	1875 a	632 a
4. Glifosate + chlorimuron-ethyl	720 + 2,5	1814 a	1922 b
5. Glifosate + chlorimuron-ethyl	960 + 2,5	1956 a	2286 b
6. Glifosate / glifosate	720 / 720	1846 a	2400 b
7. Glifosate / glifosate	960 / 720	1853 a	2077 b
8. Glifosate / glifosate / glifosate	960 / 720 / 720	1924 a	2761 b
9. Testemunha no limpo (capinada)	---	2175 a	2673 b
10. Testemunha no sujo (não capinada)	---	760 b	288 a
Teste F		8,39**	11,79*
DMS Tukey (5%)		633,4	1157,94
C.V. (%)		14,6	47,48

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Doses em gramas de ingrediente ativo por hectare. <sup>3</sup> Adicionado óleo mineral a 0,05% v/v.

Tabela 2. Teores de ácido chiquímico (mg.g<sup>-1</sup>) nas folhas de soja cv. BRS valiosa. Os dados são médias de quatro repetições.

Tratamentos	Doses (L.ha <sup>-1</sup> )	Época de coleta*		
		1 DAT	2 DAT	7 DAT
1. Roundup Ready	720	0,1249 c	0,4207 a	0,3595 a
2. Roundup Ready	960	0,1616 c	0,4221 a	0,3148 a
3. Roundup Ready	720 / 720	0,3966 a	0,1835 b	0,1496 bc
4. Roundup Ready	960 / 720	0,2965 ab	0,1410 bc	0,1106 cd
5. Roundup Ready	960 / 720 / 720	0,1480 c	0,1079 c	0,0637 d
6. Testemunha	---	0,1909 bc	0,1909 b	0,1909 b
p		0,0022	0,0000	0,0000
D.M.S. (mg.g <sup>-1</sup> )		0,1292	0,0596	0,0539
C.V. (%)		56,80	55,51	57,13

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. DAT: dias após o tratamento.

Os resultados demonstraram que o uso de glifosate, nas doses estudadas, aplicado na cultura de soja RR cv. BRS Valiosa não teve efeito sobre o metabolismo e desenvolvimento das plantas, não afetando a produção da soja. Para o controle eficiente de *I. nil* deve-se realizar aplicação seqüencial de glifosate. Conclui-se que o manejo das espécies de plantas daninhas estudadas na cultura de soja cv. Valiosa RR, com aplicações isoladas ou seqüenciais de glifosate, pode ser uma alternativa de controle químico a ser recomendada aos sojicultores.

#### Referências

EMBRAPA SOJA. Soja em números (safra 2007/2008). Disponível em: [http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=294&cod\\_pai=16](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=294&cod_pai=16). Acessado em: 10/03/2009.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL – EWRC. Cite of methods in weed research. *Weed Research*. v. 4, p. 88, 1964.

FEHR, W. R., CAVINESS, C. E. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Sci.*, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.

LACERDA, A. L. S.; FRANCO, D. A. S.; MATALLO, M. B.; HONMA, L. O. Estratégias de manejo químico de *Bidens pilosa* (L.) e *Euphorbia heterophylla* (L.) em soja geneticamente modificada. In: I SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, Botucatu. Resumos, p. 227-229.

MATALLO, M.B.; FRANCO, D.A.S.; ALMEIDA, S.D.B.; CERDEIRA, A. I.; LACERDA, A.L.S.; Monitoramento do ácido chiquímico em plantas de citrus sob diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas. In: I SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GYPHOSATE. Botucatu, SP. Resumos, p. 61-64, 2007.

\* Projeto desenvolvido com recursos da FAPESP. Processo n° 2007/00899-2.